

## ANGABEN ÜBER DIE BIOLOGISCHE UND HEILENDE WIRKUNG DER HÉVIZER TORFMOORSCHLAMM-DERIVATE UND IHRER HUMMUSSTOFFE

G. PÁLFI

*Lehrstuhl der Pflanzenphysiologie der Attila József Universität, Szeged*

(Eingegangen am 15. 8. 1983)

### Zusammenfassung

Wir untersuchten die biologischen Eigenschaften des Héviz Teiches und den Torfmoor-Schlamm in der Keszthelyer Umgebung und suchten dabei einen Zusammenhang zur Heilwirkung. Dabei stellten wir fest, dass der mit Heilwasser bedeckte Torfmoor-Schlamm einen wesentlich niedrigeren Gehalt an Gesamtstickstoff enthält, als man ihn auf Wiesenmoor findet, der mit Wasser nicht bedeckt ist. Wir zeigten, dass nicht nur der Schlamm des Teiches solch grossmolekulare organische Stoffe, wie die Humussäuren enthält, sondern auch das Thermalwasser in gelöstem Zustand. Die bedeutende biologische Aktivität der Schlamm-Derivate wird mit der Stimulierung des Keimpflanzenwurzel-längenwachstums um 50–100% bewiesen. Das Abwelken von isolierten Weizenrieben in hypertonischer Salzlösung gelang uns auf biologischem Weg mit den organischen Stoffen des Héviz Torfschlammes zu antagonisieren bzw. durch die Hilfe seiner harten aktiven Strukturen. Die baktericide Eigenschaft des Schlammes zeigten wir anhand der Agardiffusionsmethode in zwei verschiedenen Testbakterien.

Die baktericide Wirkung des Héviz Schlammes wurde auch mit den gewonnenen "sauberen Huminsäure Derivaten" reproduziert. Die aufgezählten biologischen — bzw. baktericiden Wirkungen spielen wahrscheinlich im Verlauf der Thermal-Schlamm-Behandlung eine Rolle in Héviz.

**Schlüsselwörter:** Torfmoor-Heilschlamm, Gesamt-Stickstoff-Inhalt, Huminsäure, biologische Aktivität, baktericide Wirkung, die Mikrostrukturen des Schlammes.

### Einführung

Der Naturteich in Héviz ist auf Grund seiner Fläche (3,6 ha) und seiner Tiefe (36,8 m) der grösste in Europa. Dieses schwefelhaltige, schwach radioaktive Thermalwasser enthält viele Arten wertvoller Mineralsalze. Die vielen gelösten anorganischen chemischen Zusammensetzungen und die biologische Wirkung im Thermalwasser und im Schlamm kennen wir schon (BREZNAY, 1970; STRECKER, 1970; ZSIRAI und STRECKER, 1970 usw.) Ähnliche Salzzusammensetzungen wie in Héviz kann man auch in anderen Schlammern Ungarns finden. Wodurch können wir nun dem Schlamm des Héviz Teiches eine besonders intensive biologische Aktivität zuschreiben?

Der Héviz Schlamm und das Thermalwasser unterscheiden sich dadurch von anderen Thermalgewässern, weil am tiefsten Teil des Teiches wasserreiche Quellen herausprudeln, die den Teich ständig in Bewegung halten. Das pausenlos strömende Thermalwasser kann mit dem sich auf dem Boden befindenden Torf-Moor-Schlamm in Wechselwirkung treten und kann dadurch anorganische und grossmolekulare organische Stoffe auslösen, darunter auch Huminsäuren (GUPTA et al., 1982).

Nach der völligen Zermahlung der harten Schlamm-probe-Strukturen bzw. nach ihrer Homogenisierung der gewonnenen wässrigen Derivate, liessen wir winzige Kerne keimen. (PÁLFI und SRECKER 1975; PÁLFI et al., 1976). Wir zeigten, dass die Derivate des Thermalmoores auch biologisch aktive Stoffe enthalten.

Mit aerober, steriler Agardiffusionsmethode stellten wir fest, dass das Schlamm-derivat die Vermehrung der reinen Züchtung des *E. coli* — Testbakteriums hemmt (Bakteriostatische Wirkung).

Das Ziel für unsere Untersuchungen ist, klarzustellen, ob der sich auf dem Teichboden befindende Torfmoor-Schlamm des Thermalwassers grossmolekulare organische Stoffe in gelöstem Zustand enthält.

Mit der Keimung der Kerne in sterilen Umgebungen haben wir die biologischen Aktivitäten der Wasserderivate der homogenisierten Thermalschlammte weiterverfolgt bzw. die Stimulierung des Wurzelwachstums beobachtet.

Wir untersuchten, ob die schädliche wasserentziehende Wirkung der künstlich-zusammengesetzten hypertonischen, anorganischen Salzlösungen an den Bohnentrieben von den Schlammderivaten antagonisiert wird.

Wir fertigten aus dem Hévizier Torfmoor-Schlamm reines Huminsäurederivat an; später untersuchten wir auch die baktericiden Eigenschaften und die biologische Aktivität der von anorganischen Salzen gereinigten Humaten.

Wir untersuchten die biologischen harten, feinen Strukturen des Torfmoor-Schlammes sowie die Morphologie und Plazierung der aus Grossmolekülen bestehenden agglutinierten dunklen Humate. Wir bemühten uns, zu klären, welches die Ursache in der Umgebung sei, die das Teichwasser verschmutzt bzw. sein chemisches Gleichgewicht am meisten beeinträchtigt.

Nach FEKETE et al., (1967) hat der Torf in der Landwirtschaft den Vorteil, dass er eine grosse Adsorptionsfähigkeit, biologische Aktivität und eine baktericide Wirkung besitzt. In unseren Untersuchungen geben wir weitere Angaben über die Keszthelyer Umgebung bzw. über den Hévizier Torf bekannt. SZALAI und SZILÁGYI (1968), BELÁK et al., (1969) und SZALAI et al., (1974) stellten fest, dass die Humus-säuren des Torfs durch die starke Adsorption von Spurenelementen Mangelkrankheiten an Pflanzen hervorrufen. BELÁK et al., (1970), SZALAI et al., (1970, 1975) bewiesen in ihren Experimenten, dass man den genannten Mikroelementmangel durch Düngersprühung beseitigen kann. SIPOS et al., (1974) stellte fest, dass die aus dem Keszthelyer Flächenmoor-Torf gewonnenen Huminsäure Proben praktisch hydrofyl sind, die Huminsäuren des Lignit und der Braunkohle sind aber bis zu einem bestimmten Grad lipofyl. (Unsere Torfproben aus der Umgebung von Keszthely sind also hydrofyl.) Nach Lakatos et al. (1974) sind die aus der Keszthelyer Umgebung der Flächenmoor-Torfe vorgestellten Huminsäuren solche Biopolimere, die als biologisch aktive Verbindungen in der Landwirtschaft eine ausserordentliche Bedeutung innehaben.

### Material und Methode

Wir entnahmen Torf-Schlamm-Proben aus dem Hévizier Teich, aus seinem abfliessenden Kanal und von den sich in der Umgebung des Kanals befindenden Auen aus 10 und 30 cm Tiefe. Um den Schlamm haltbar zu machen, wird er aus dem Abflusskanal des Teiches entnommen und im Sommer auf betonierter Unterlage zum Trocknen ausgelegt, un später in fein gemalener torf aufgehoben zu werden.



Die Zusammensetzungen der löslichen Stoffe im Teichwasser haben wir so bestimmt, indem wir die Schlamm-Proben vier Stunden lang mit destilliertem Wasser schüttelten und danach wurde die nach der Setzung und Dekantierung gewonnene Flüssigkeit geschleudert. Danach verdunsteten wir auf 100 °C 100 ml saubere Flüssigkeit (in viermaliger Wiederholung) und massen den Trockensubstanzgehalt. Das so gewonnene Gesamt Trockensubstrat wurde 4 Stunden lang auf 500 °C geglüht. Der Rest ergab nach der Abkühlung und Messung die Gesamtmenge der anorganischen Salze, den durch das Glühen eingetretenen. Gewichtsverlust, den gesamtorganischen Stoff.

Die Menge der gelösten grossmolekularen Stoffe wurde dadurch bestimmt, indem wir das anorganische kleine molekularmassige Salz des Teiches vorher durch Dialyse entfernten.

Da der Schlamm eine grossflächige, netzartige oder schwammartige Beschaffenheit besitzt, hält er viele Arten von Verbindungen durch seine harte Struktur fest. Die anorganischen und organischen Stoffe des Schlammes und seine nassen Derivate haben wir so hergestellt, dass wir den Thermalschlamm auf 70 °C bis zur Gewichtsbeständigkeit austrockneten und danach homogenisierten wir jeweils 10 g in 30 ml destilliertem Wasser in Reibschalen. Durch das danach folgende Schleudern gewannen wir saubere, farblose Derivate, die aber anorganische und organische Stoffe in löslichem Zustand enthielten. Im Verlauf der Kernkeimung befeuchteten wir die Filterpapiere der Petrischale mit sterilisierten Schlammderivaten. Die so hergestellten feuchten Derivate verwendeten wir für die biologische Aktivitätsmessung und zum Nachweis der baktericiden Wirkung des feuchten Schlammes.

Das mit Hefeauszügen ergänzte harte Fleischagar stellten wir nach FERENCZY und ZSOLT (1971) zusammen. Die Agardiffusionsmethode der baktericiden Wirkung haben wir ebenfalls nach den vorhergenannten Autoren durchgeführt. Die sauberen Züchtungen der Bakterien haben uns auch FERENCZY und ZSOLT zur Verfügung gestellt.

Wir fertigten eine 2% Gesamtsalz beinhaltende Lösung an, die aus  $Ka$ ,  $Na$ ,  $Ca$ , Magnesiumchlorid und Nitrat bestand. Wenn wir die abgeschnittenen Bohnentriebe in diese Lösung gaben, liessen sie nach 24 Stunden die Blätter hängen — also sie zeigten eine starke Welkung. Die Humate des Torfschlammes deckten wir mit 0,125 n NaOH auf nach LAKATOS et al. (1974). Nach Filtrierung und Schleudern erhielten wir eine etwas dunkle, braun-schwarze Lösung. Den pH-Wert des Huminsäurederivats stellten wir mit 1 n Salzsäure auf 7 ein, das entstandene NaCl und die sonstigen Salze entfernten wir mit Dialyse. Bei diesem Vorgang haben wir die Arbeiten von DRAGUNOV und KABLOVA (1974) in Betracht gezogen.

Wir untersuchten die harte Konstruktion des Schlammes nach Wasserverdünnung in Abstrichen. Die mikroskopische Vergrösserung war 500-fach, die Vergrösserung der Bildaufnahmen dagegen 4-fach wie auch die Abbildungen mit annähernd 2000-facher Vergrösserung gezeigt werden.

Für die Bewertung der Wasserverschmutzung des Thermalteiches wuschen wir von einer  $dm^2$  Human-Hautoberfläche mit 20 ml 30%-igem Äthanol die freien Aminosäuren ab und analysierten die gewonnenen Lösungen (Einzelheiten dazu bei PÁLFI et al., 1974, 1976).

Den Nachweis des löslichen Gesamtproteins erbrachten wir nach LOWRY et al., (1951) die Lichtabsorbierintensität der Lösungen massen wir mit dem Spektrofotometer.

Die Menge der Wiederholungen der Analysen beträgt 3 oder 4. Wenn vom Durchschnittsergebnis bei einigen Analysen die Fehlermultiplikation 5% überschritt, wiederholten wir den ganzen Prozess.

### Ergebnisse und ihre Auswertung

Die Messungen nach Kjeldahl-Zerstörung und Stickstoff Kolorimetrie der Schlammproben aus dem Thermalwasser auf Gesamt-Stickstoff-Inhalt (organischer und anorganischer Stickstoff) zeigten in keinem Fall 1% der Gesamt-Trockensubstanzmenge. Zu gleicher Zeit lag aber bei den benachbarten nicht durch Wasser bedeckten (und nicht ausgewaschenen) Schichten der Gesamt-N-Inhalt der Torfböden zwischen 2 und 3%. Wir stellten fest, dass die organischen Verbindungen des Stickstoff-enthaltenden Schlammes nicht zu den freien Aminosäuren, der Peptide, der Eiweisse, der Nukleinsäuren und nicht zu ihren Basen gehören und keine Karbamid- oder Ammonium-Verbindungen sind.

Was für besonders wirkende organische Säuren mögen sie sein? Sind sie auch im gelösten Zustand des Teichwassers nachweisbar oder sind sie nur im Torfmoor-Schlamm enthalten?



Nachdem wir das Teichwasser mit Torfmoor-Schlamm vier Stunden lang durchschüttelten, gewannen wir nach Setzen, Dekantierung, Filtrieren und Zentrifugieren eine saubere farblose Flüssigkeit, die wir bis zur Trockenheit verdunsteten und dann massen wir eine 560 mg/L Gesamttrocken-Substanz. Mit der weiteren Analyse der getrockneten Substanz und nach dem Verglühen der organischen Stoffe, stellten wir fest, dass beinahe die Hälfte der gelösten Stoffe des Teichwassers (268 mg/L) aus Grossmolekülen bestehende stickstoffarme; hauptsächlich zu Huminsäuren gehörende organische Stoffe sind. Die schon erwähnten organischen Verbindungen sind nicht nur im aufgewühlten Schlamm enthalten, sondern von ihnen wird eine bedeutende Menge des fließenden Wassers aufgelöst. Das Teichwasser wurde bis jetzt noch nicht nach seinen gelösten und organischen Stoffen untersucht, auch ihre biologische Aktivität noch nicht.

Mit der Keimung der winzigen Kerne (PÁLFI und STRECKER, 1975) zeigten wir schon, dass bei einigen Pflanzenarten die Schlammderivate das Wurzelwachstum bedeutend stimulieren. Mit grossen Kernen ist es aber noch nicht gelungen, so eine Aktivität nachzuweisen. Besonders diejenigen, die zur Gruppe der Hülsenfrüchte gehören und über eine grosse Menge Nährstoff-Reserven verfügen; wie z. B.: Bohnen, Erbsen und Linsen ergaben negative Ergebnisse. Diese Kerne beinhalten während ihrer Keimung in bedeutender Menge synthetisierende, aktivierende und mobilisierende Stoffe, die das endogene Wachstum stimulieren. Deshalb ist die äussere Dosierung der aktiven Stoffe weniger wirkend.

Unsere Versuche bezüglich auf die begünstigende Wirkung des Wurzelwachstums bei Linsenkernen mit grossen Reservenährstoffmengen waren auch erfolgreich, wenn die Schlammderivate optimal konzentriert und der pH-Wert richtig eingestellt war.

Die Abbildungen 1 und 2 auf der Tafel 1 zeigen die Kerne der oberen Reihe, die im Leitungswasser keimten (kontrolle); die in der unteren Reihe dagegen stammen aus den Hévizier Schlammderivaten. Die Wurzeln der unteren Reihe wuchsen im Falle der Linsen 50% länger gegenüber der Kontrolle (Abb. 1). Die Wachstum-Stimulierung (Tafel 1, Abb. 2) bei dem kleinkernigen Radieschen (*Raphanus sativus* L.) um 100%. Der Torfmoor-Schlamm enthält bedeutende biologisch-aktive Stoffe.

Tafel 1, Abb. 1 und 2 — Die stimulierende Wirkung der Torf-Moor-Schlamm-Derivate beim Wurzelwachstum. Die Pflanzen der oberen Reihe keimten im Leitungswasser (Kontrollen), die der unteren in den feuchten Derivaten des Torf-Moor-Schlammes steriles Medium). Die Schlamm-Derivate stimulierten das Wurzel-Längenwachstum.

1. Linsenpflanzen (*Lens culinaris* L.); der Wurzelwachstum beträgt 50%.

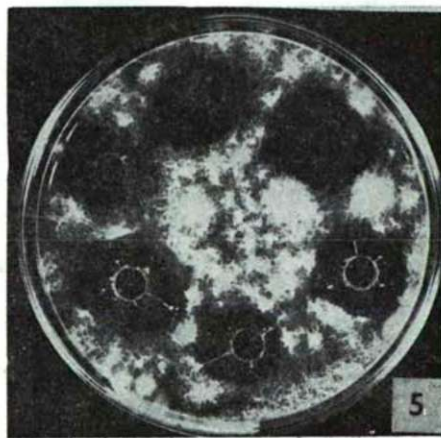
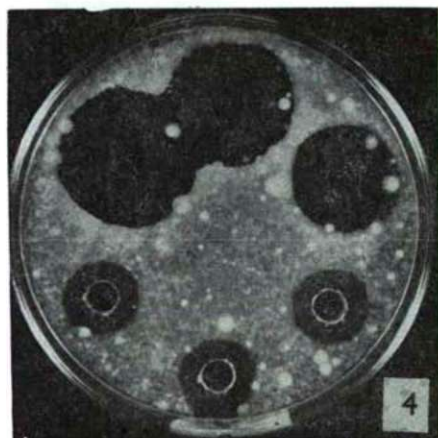
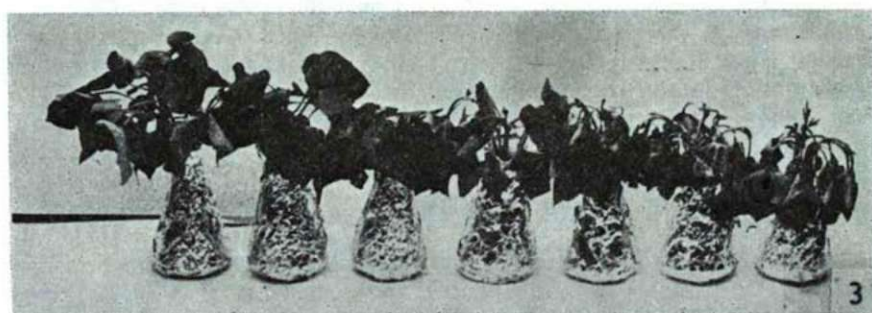
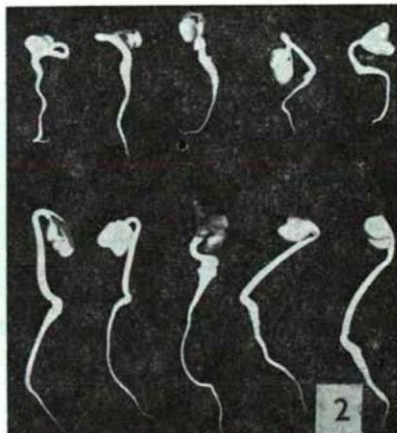
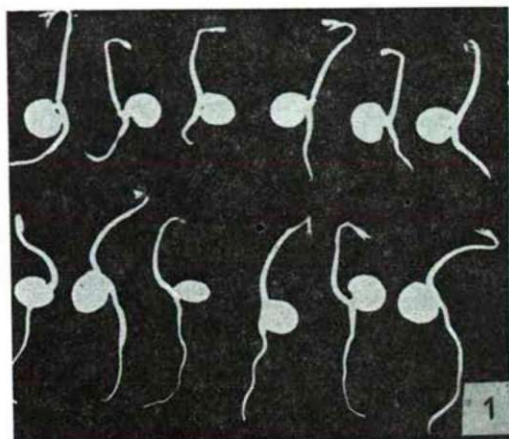
2. Radieschenpflanzen (*Raphanus sativus* L.) — die Stimulierung des Wurzel-Längenwachstums beträgt 100% (die Bildvergrösserung ist ca. fönffach).

Abb. 3, Die Verringerung der wasserentziehenden Wirkung der hypertonischen Salzlösungen mit Torf-Moor-Schlamm. Der erste Kolben auf der linken Seite enthält sauberes Leitungswasser, das ist die Kontrolle. In die darauffolgenden 6 Kolben rechts gaben wir hypertone (wasserentziehend) Salzlösung und je Kolben 6, 4, 3, 2 und 1 g getrockneten und zu Pulver gemalenen Torf-Moor-Schlamm. Der äussere Kolben rechts enthält nur Salzlösung.

Abb. 4. und 5. Der Beweis der baktericiden Wirkung des Torf-Moor-Schlammes mit Agardiffusion. Wir dosierten in die drei oberen Höhlen, die auf beiden Bildern zu sehen sind, Streptomycinlösungen (25, 50 und 100 mg/L), in den unteren drei Höhlen sind die „feuchten Derivate“ des sterilen Torf-Moor-Schlammes. Die ausgebildeten Bakterien-Kolonien (aus den Höhlen ausdiffundiert) töteten nicht nur die Antibiotikum-Lösungen, sondern auch die Schlammderivate.

Abb. 4 = *Bacillus cereus* var. *mycoides*;

Abb. 5 = *Staphylococcus aureus*.





Diese Stoffe, eindringend durch das pflanzliche Hautgewebe, beschleunigen den Stoffwechsel, wie sich das im Laufe der Wurzelwachstum-Anspornung äussert.

Für den Wurzelwachstum der Keimpflanzen sichert die Stimulierung in der Landwirtschaft einen bedeutenden Vorteil. Die längeren und besser entwickelten Keimpflanzen dringen nämlich schneller in die Tiefe des Bodens und erreichen so die feuchten Schichten eher; sie sichern der Pflanze innerhalb kurzer Zeit Wasser- und Nährstoff-Versorgung, wodurch im Endergebnis das Verderben der Keimpflanzen prozentual reduziert werden kann. Wahrscheinlich ist dies der Vorteil der Torf-anwendung beim Ziehen der Setzlinge in der Gartenwirtschaft.

Die beobachtete stimulierende Wirkung der Torf-Schlamm-Derivate bei der Keimung von Kernen könnte auch eine Rolle in der Balneologie bzw. in der humanen Heilbehandlung spielen.

Wenn wir die Triebe der weichstengligen Pflanzen in die erhöhten osmotischen Druck zeigenden Salzlösungen stellen, verlieren die Blätter ihre Turgor und welken innerhalb von 24 Stunden wegen des starken Wasserverlustes ab.

Im Laufe unserer Versuche gossen wir in 6 Erlenmeyer Kolben je 100 ml 2% ige Gesamtsalz enthaltende, physiologisch gesehen, hypertonische Lösung; als Kontrolle aber wandten wir destilliertes Wasser an. Auf 5 Gefässe Salzlösung dosierten wir fein gemalenen luftgetrockneten Schlammstaub in stufenweise verminderten Mengen (6, 4, 3, 2 und 1 g). In einem Gefäss blieb also nur reine Salzlösung die die hypertonische Kontrolle war. In jeden Kolben gaben wir die gleiche Anzahl isolierten Bohnentriebe, dann inkubierten wir die Gefässe bei 25 °C mit 60% Feuchtigkeit der Luft und 4000 lux Beleuchtung während 24 Stunden. Auf der Abb. 3 der Tafel 1 war im ersten Gefäss reines Wasser (Kontrolle), das keinen Wasserentzug bzw. kein Welken der Bohnenblätter auslöste. Das zweite Gefäss von links enthält 2%-iges Gesamtsalz, aber die dazugegebenen 6 g Torfstaub antagonisierte die schädliche Wirkung der hypertonischen Lösung, deshalb verwelken hier auch die Bohnenblätter nicht. In den folgenden vier Gefässen enthält die Salzlösung den Torfstaub nur noch in reduzierter Menge und die Welkung der Bohnenblätter und ihr Herunterhängen nimmt dementsprechend zu. Der letzte Kolben rechts aussen enthält reine Salzlösung und die Verwelkung dieser Triebe ist offensichtlich die stärkste.

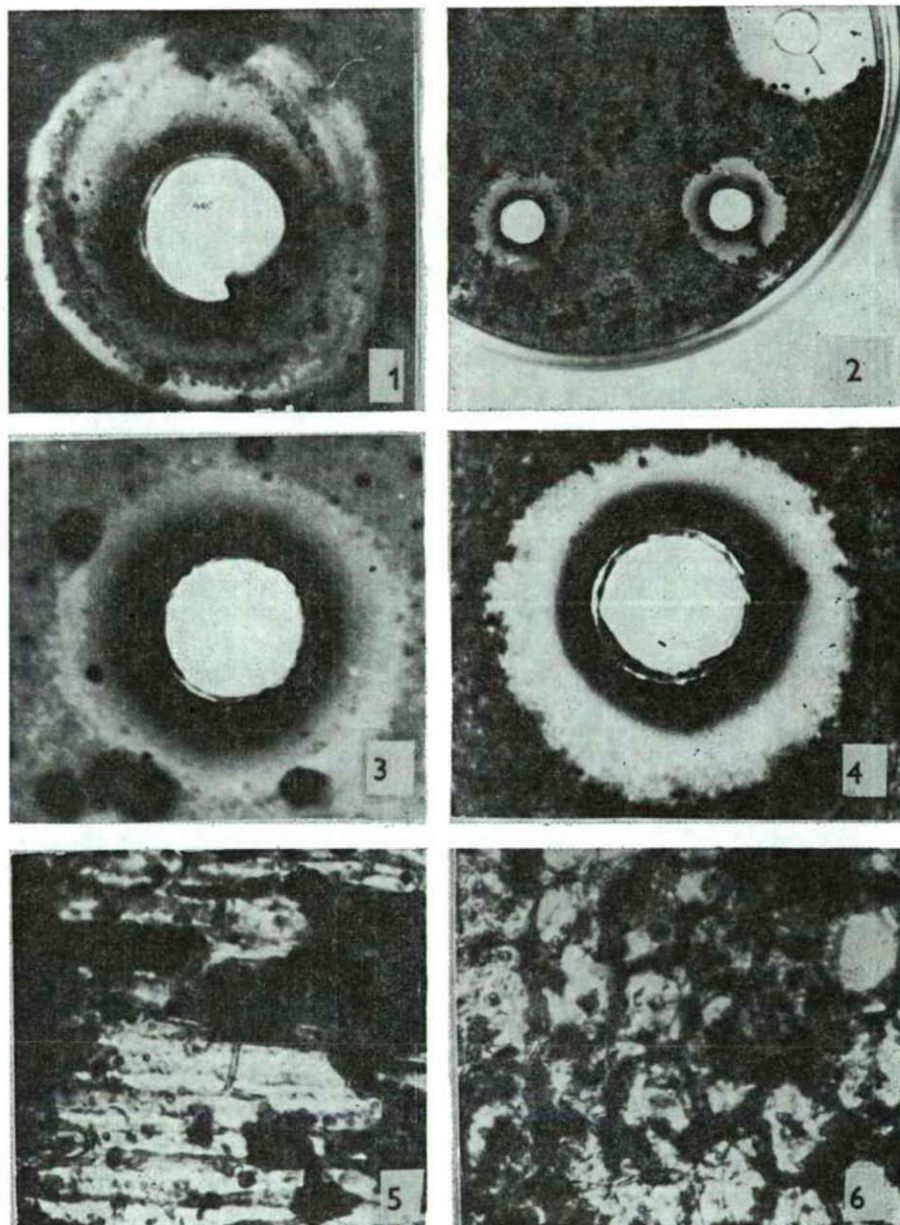
Wie ist diese Erscheinung zu erklären? Es ist wahrscheinlich, dass der Hévizer Torfmoor-Schlamm neben biologischaktiven Stoffen eine grosse Menge solcher grossflächiger organischer und anorganischer harter Strukturen und Makromoleküle

Tafel 2, Abb. 1, 2, 3 und 4. Die Agardiffusionszonen der aus Torf-Moor-Schlamm hergestellten reinen Huminsäure-Derivaten. Abb. 2. *Staphylococcus aureus*. Aus der oberen Höhle ist die Streptomycin-Lösung (Kontrolle) ausdiffundiert, ihre abgetötete Zone (weisgewordene Fläche) ist ausgebreitet. Aus den sich darunter links befindenden 2 Höhlen wurden auch die dunkel-farbigsten Huminsäuren ausdiffundiert, diese brachten jedoch nur kleinere Abtötungszone zustande.

Abb. 4. Die Abtötungszone der Huminsäure in vierfacher Vergrösserung (*Staphylococcus aureus*); der äussere farblose Kreisbogen ist die Zone der Kleinmolekularen Huminsäure, der innere schwarze Kreisbogen ist die Zone der grossmolekulargewichtigen Humine.

Abb. 1. und 3. Die abgetöteten Zonen der Huminsäuren sind vierfach vergrössert, das Testbakterium ist bei beiden der *Bacillus cereus* var. *mycoides*.

Abb. 5. und 6. Ursprünglicher pflanzlicher Stoff, netzartige Zellwandgerippe mit eingefangenen Huminpartikeln. Abb. 5. Das Zellwandgerippe ist kaum humifiziert. Abb. 6. Das Zellwandgerippe ist mittelmässig humifiziert.



enthält, wie z. B.: Huminsäuren, die die wasserentziehende Wirkung der hypertonen, anorganischen Salzlösungen antagonisieren und damit auf die Pflanzen eine günstige physiologische Wirkung ausüben. Es ist anzunehmen, dass der Wirkungsmechanismus der Staubarten (des Torfs und Lignits), die zur Verbesserung des Salz-Alkalibodens



angewandt wurden, auch ähnlich sind. Auf jeden Fall ist diese Wirkung der Torfe — egal mit welchem Mechanismus es sich verwirklicht — ein solch biologischer Vorteil, der auch im Verlauf der balneologischen bzw. der Heilbehandlung eine Bedeutung hat.

Anhand der schon früher untersuchten mikrobiologischen Eigenschaften des Schlammes stellten wir fest, dass der Schlamm nur in aussergewöhnlich minimaler Menge Bakterien enthält (PÁLFI und STRECKER, 1975; PÁLFI et al., 1976). Die Wechselhaftigkeit der Bakterienarten ist ganz arm und ihre Zahl ist auch sehr niedrig. Aber warum ist das so? Zwei Hauptursachen kennen wir schon:

1. - der Stickstoffmangel
2. - der Schlamm hemmt die Vermehrung der Bakterien (Bakteriostatische Wirkung). Diese Eigenschaften stellten wir schon bei den reinen Züchtungen des *E. coli* fest (PÁLFI et al., 1976).

Um was für Verbindungstypen mag es sich bei diesen baktericiden organischen Stoffen handeln? Die Entstehung, Entwicklung und die Struktur des Schlammes in Betracht ziehend, dachten wir in erster Linie an die Huminsäuren. Aus diesem Grunde versuchten wir, die baktericide Wirkung mit den reinen Huminsäure-Derivaten des Torfmoor-Schlammes zu reproduzieren.

Um die Vergleichbarkeit zu erreichen, wandten wir die international anerkannten abziehenden — und reiningenden Methoden der Huminsäuren an (DRAGUNOV und KABLOVA, 1974; LAKATOS et al., 1974; FORTUN und POLO, 1982; RITCHIE und POSNER 1982; ROLETTTO et al., 1982).

Wir untersuchten die baktericide Eigenschaft der aus dem Torfmoor-Schlamm gewonnenen dunkelfarbigten Huminsäure-Derivate an *Bacillus cereus* var. *mycoides* und an *Staphylococcus aureus*-Test-bakterien. Die Huminsäuren brachten nach 8 tägiger Inkubation bedeutend grosse, kreisförmige Vernichtungszonen zustande, wodurch wir auch die baktericide Eigenschaft nachweisen konnten. (an der Abb. 2 der Tafel 2 ist die Konzentration des Streptomycins 100 mg/L darunter nebeneinander sind Huminsäure-Derivate. Das Testbakterium ist hier *Staphylococcus aureus*).

Bei den Agardiffusionskreisen der Tafel 2 ist zu sehen, dass auch die allergrössten Molekül-Massen (20—50-Tausend) aufzweigenden schwarzen Huminsäuren aus den Höhlen des Ernährungsagars ausgewandert sind, aber von den Rändern der Höhle ungefähr nur halb so weit gelangt sind, wie die farblosen kleinmolekular-massigen Huminsäuren (Tafel 2, Abb. 1, 2, 3 und 4).

Die mittelmässig mol-massigen braunen und grauen Huminsäuren (mol-Masse - 10—20 000) befinden sich in der Mitte der Vernichtungszone (Auf dem Foto sind diese auch schwarz zu sehen). Die allerkleinsten mol-massigen (3—10 000) farblosen wasserlöslichen Huminsäuren diffundierten die Höhlen am entferntesten (grosse

Tafel 3, Abb. 1. Die biologischen, harten strukturen des Torf-Moor-Schlammes.

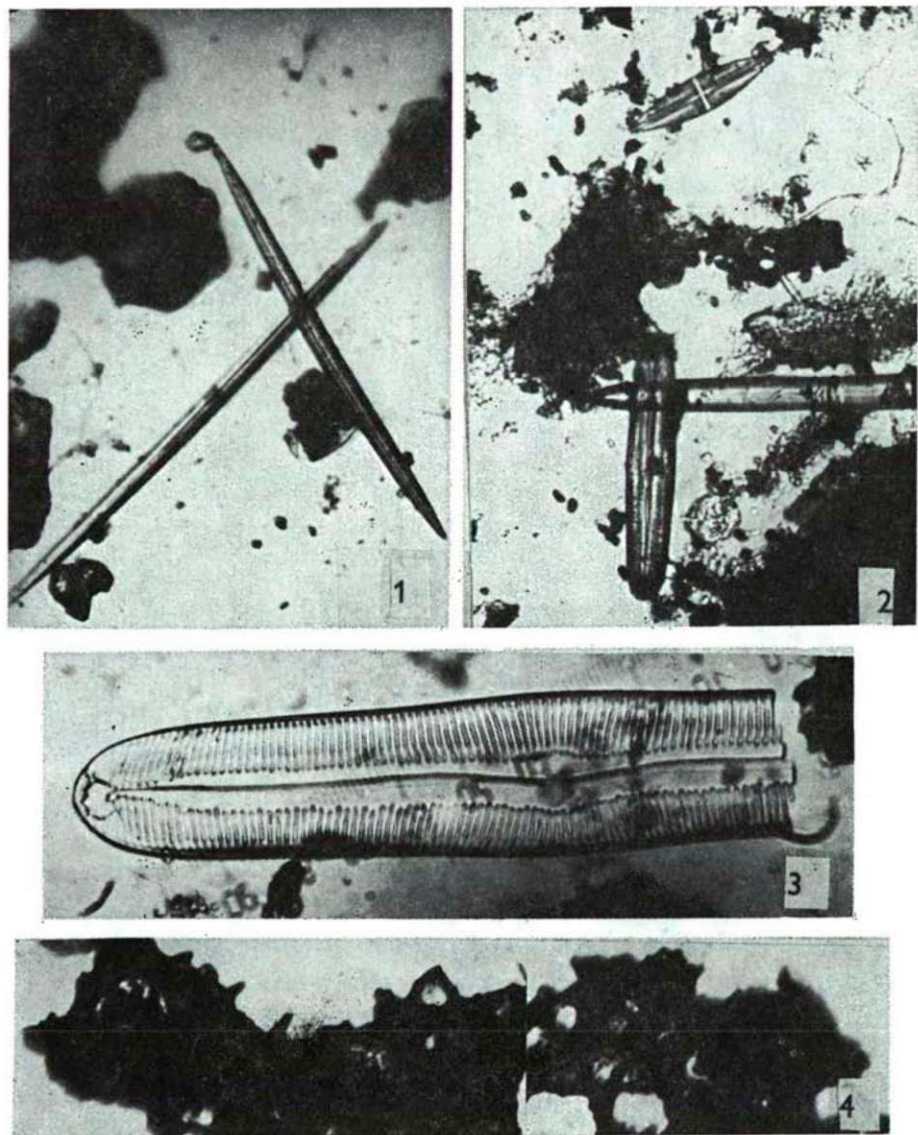
Die Gerippe der Kowamoose (Diatome). Die Gerippe zweier zur selben Art gehörenden abgestorbenen Diatome. Daneben sind grosse schwarze Huminsäure-Partikel zu sehen. Die an Stickstoff armen Humin-Partikel könnten ursprüngliche Torfmoose sein.

Abb. 2. Diatome-Gerippe, die zu drei verschiedene Arten gehören, die schwarze Partikel mit Humus bedeckt und die netzartige Konstruktion aufzeigen.

Abb. 3. Diatome-Gerippe-Teil, rauhe Einschnitte und schwarze Humin-Partikel-Teile an der Oberfläche.

Abb. 4. Das Zellwandgerippe ist schon völlig humifiziert, die Zellwand-Netze sind mit schwarzen Humin-Partikeln völlig ausgefüllt.





weisse Kreise). Auf der Abb. 1 der Tafel 2 sind Bakterienkolonien in den äusseren breiten Vernichtungszonen der Diffusion zu sehen, die gegenüber der farblosen Huminsäuren resistent sind.

Auf der Abb. 3 der Tafel 2 an den Rändern der weissen Zone sind auch 3-4 Bakterienkolonien (auf dem Bild schwarz) die gegenüber den farblosen Huminsäuren resistent sind. Auf der Abb. 4 der Tafel 1 sind in der Antibiotikum-Vernichtungszone streptomycin-resistente kleine weisse Kolonien zu finden.

Zusammenfassend können wir feststellen, dass die reinen Huminsäuren des Héviz Thermal schlammes über solche baktericide Wirkung verfügten, die bei der Schlammbehandlung bzw. bei sonstigen balneologischen Heilwirkungen eine bedeutende Rolle spielen. Können wir aber die wurzelwachstumstimulierenden biologisch-aktiven Stoffe, die bei der Kernkeimung eine Rolle gespielt haben auch zu den Komponenten der Huminsäuren einstufen?

FRENYÓ (1974) neutralisierte aus heimischer Kohle gewonnene Huminsäuren und nach dem Studium entsprechender Verdünnungen hat er Keimungsversuche mit Reis angefangen. Der Autor wies an den Wurzeln der Keimpflanzen die bedeutende wachstumstimulierende Wirkung der Huminsäuren nach. So bestand auch für uns die Hoffnung, dass wir mit den Huminsäuren positive Ergebnisse erreichen werden.

Wir keimten Senf-, Radieschen-, Luzern- und Linsen-Kerne in Hunderter-Serien (bei viermaliger Wiederholung) in Lösungen der unterschiedlich verdünnten sterilen Huminsäure. Die Kontrolle war steriles Leitungswasser.

Die Keimversuche wiederholten wir mehrmals, jedoch der Keimungsprozentsatz im Trieb- oder Wurzelwachstum ergab keinen Unterschied. Der bioaktive Stoff des Torf-Moor-Schlammes befindet sich entweder nicht unter den Huminsäuren oder ist irgend eine andere natürliche Verbindung. Es kann vorkommen, dass dieser Stoff auf die Wirkung des alkalischen Entzugs verdarb oder aber im Derivat die organischen Salze oder andersartige Aktivatoren fehlten (infolge der Dialyse).

Im weiteren entnehmen wir aus der 30 cm Schicht des Teichschlammes Proben, da die Durchschnittstiefe bei der Abtragung des Schlammes diesen Wert besitzt. Wir untersuchten mit dem Mikroskop die harten Strukturen der feinen Schlamm-Konstruktion. Die mikroskopischen Aufnahmen 1, 2 und 3 auf der Tafel 3 veranschaulichen die abgestorbenen harten Gerippe des Kowamooses.

Auf der Abb. 1 der 3. Tafel sind zwei zu der gleichen Art gehörende Diatome zu sehen, daneben Partikel, die von humifizierten, schwarzen Torf-Moos stammen.

Die Abb. 2 auf der Tafel 3 zeigt drei Diatome-Gerippe, die zu drei verschiedenen Arten gehören. Die Zeichnung des Zellengerippes auf der 3. Abb. der Tafel 3 beweist das, dass die ganze Oberfläche der Diatome reibeisenmässig gespalten ist. Diese "scharfen" Konstruktionen machen 2-3% des harten Stoffes beim gesetzten Schlamm aus.

Unter die wirksamen Strukturen können wir die zellwändigen Gerippe der abgestorbenen pflanzlichen Gewebe einreichen (Tafel 2: Abb. 5, 6 und Tafel 3: Abb. 4). Diese Zellwandgerippe zeigen die beginnende Humifikation, aber stellenweise kann man auch die ursprüngliche Zellwand sehen (Tafel 2, Abb. 5). Die Humifikation des Zellwandnetzes kann auch mittelmässig sein (Tafel 2, Abb. 6), die im Fall die Zellwände überall mit Humin bedeckt, jedoch das Netz teilweise noch leer ist. Das Endstadium ist die völlige Humifikation des Zellwandgerippes, wobei nicht nur die Zellwände, sondern auch die Zellhöhlen schwarzes Humin ausfüllt (Tafel 3, Abb 4). Diese abgestorbenen Zellwandgerippe sind die strukturellen Träger der Huminsäuren.

Wir müssen bemerken, dass die chemische Zusammensetzung der Huminsäuren noch unbekannt ist. Um dies aufzudecken, wandte SCHNITZER (1976) das Gaskromatografie-Massenspektrometer-Computer-System an, Dannenberg und ULLACH (1982) führten schon interessante Isolierungsversuche durch, um den strukturellen Aufbau der Humusstoffe zu Klären.



Schliesslich müssen wir in Betracht ziehen, dass die löslichen, in bedeutender Menge vorhandenen organischen Stoffe im Hévízer Thermalwasser nicht als „Umweltverschmutzung“ angesehen werden können, weil diese organischen Verbindungen wasserlösliche Huminsäuren sind und keinen Stickstoff in bedeutender Menge enthalten.

### Literatur

- BELÁK, S., GYÖRI, D., SÁMSONI, Z., SZALAY, S., SZILÁGYI, M. und TÓTH, A. (1969): Mikroelem felvételének tanulmányozása a keszthelyi rétlápon (Die Untersuchung der Aufnahme der Mikroelemente im Keszthelyer Wiesenmoor). — *Agrokémia és Talajtan*. 18, 263–288.
- BELÁK, S., GYÖRI, D., SÁMSONI, Z., SZALAY, S., SZILÁGYI, M. und TÓTH, A. (1970): A mikroelemek felvételének tanulmányozása a keszthelyi rétlápon. II. Sudáni cirokfű és zab (Die Untersuchung der Aufnahme der Mikroelemente im Keszthelyer Wiesenmoor. II. *Sorghum halepense* (L.) var. *sudanense* und *Hafer*). — *Agrokémia és Talajtan*. 19, 27–38.
- BREZNAY, G. (1970): Az iszapkezelésekről (Über die Schlammbehandlung) 193–208. In: ZSIRAI, K. (1970). *Második Hévízi Orvosi Archivum*. Zalaegerszeg.
- DANNEBERG, O. H. und ULLAH, S. M. (1982): Chromatographische Unterscheidung von Huminstoffen und Nichthuminstoffen aus Schwarzerdehumus. — *Z. Pflanzenernähr. Bodenkunde*, 145, 526–538.
- DRAGUNOV, S. und KABLOVA, N. G. (1974): Biochimitscheskoje issledovanije torfjannüch guminovüch kislót. — *Potschvovedenije*. 1, 52–57.
- FEKETE, Z., HARGITAI, L. und ZSOLDOS, L. (1967): Talajtan és Agrokémia (Bodenlehre und Agrochemie). Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- FORTUN, C. und POLO, A. (1982): Efecto de algunos tipos de compuestos humicos sobre el crecimiento de las raíces *Zea mays*. — *Agrochimica*. Pisa. 26, 44–54.
- FRENYO, V. (1974): Káliumhumát és nitrohuminsav együttes hatása rizs csírágyökerének a növekedésére (Die gemeinsame Wirkung des Kaliumhumats und der Nitrohuminsäure auf das Wachstum der Reiswurzelkeimung). — *Botanikai közlemények*. 61, 263–266.
- GUPTA, S. K., NÄNI, H. und SCHINDLER, P. W. (1982): Kolloidchemische Grundlagen des Ton-Humus-Komplexes: Einfluss von pH, Eisen und unterschiedlich eisenhaltigem Kaolinit auf die Löslichkeit von Huminsäure. — *Schweiz. Landw. Forsch. Bern*. 21, 67–74.
- LAKATOS, B., FRAU T. MEISEL und MÁNDY, GY. (1974): Biopolimer-fém komplex rendszerek. I. Kísérletek nagytisztaságú tőzeg humuszanyagok és fémkomplexeik előállítására. (Biopolimer-Metall Komplex-Systeme. I. Versuche zur Herstellung von grossreinheitigen Humusstoffen und ihren Metallkomplexen). — *Agrokémia és Talajtan*. 23, 505–522.
- LOWRY, O. H., ROSENBOUGH, N. J., FARR, A. L. und RANDALL, R. J. (1951): Protein measurement with the folin-phenol reagent. — *J. Biol. Chem.* 193, 256–275.
- PÁLFI, G., ERZSÉBET KÖVES, BITÓ, M. und RITA SEBESTYÉN (1974): The role of amino acids during water stress in species accumulating proline. *Fyton*. 32, 121–127.
- PÁLFI, G. und STRECKER, O. (1975): Hévíz felfedezése. Mikroszkóp alatt a gyógyhatás. (Die Entdeckung von Hévíz. Die Heilwirkung unter dem Mikroskop). — *Delta*. (Hung.) 12, 17–20.
- PÁLFI, G., STRECKER, O. und GUBICZA, A. (1976): Biological activity, bactericidal effect and structure of a medicinal peat-bog mud (at Hévíz). — *Acta Biol. Szeged*. 22, 57–71.
- RITCHIE, G. S. P. und POSNER, A. M. (1982): The effect of pH and metal binding on the transport properties of humic acid. — *J. Soil. Sci. Oxford*. 33, 233–248.
- ROLETO, E., BARBERIS, R. und ZELANO, V. (1982): Gel filtration and absorption spectroscopic investigations on humic substances from organic fertilizers. — *Plant and Soil*. 66, 383–390.
- SCHNITZER, M. (1976): The chemistry of humic substances. *Environmental biogeochemistry*. — *Ann. Arbor Sci. Publishers Inc.* 1, 89–107.
- SIPOS, S., KEDVES, É., DÉKÁNY, I., DEÉR, A. FRAU T. MEISEL und LAKATOS, B. (1974): Biopolimer-fém komplex rendszerek. II. Humuszanyagok és fémekkel alkotott rendszereik fizikai tulajdonságai (Biopolimer-Metall Komplex-Systeme. II. Die physikalischen Eigenschaften der mit Humusstoffen und Metall hergestellten Systeme). — *Agrokémia és Talajtan*. 23, 313–334.
- STRECKER, O. (1970): A fürdőkúrák és a balneológiai kutatás problémái. In: ZSIRAI, K. (1970): *Második Hévízi Orvosi Archivum*. Zalaegerszeg.

- SZALAY, S. und SZILÁGYI, M. (1968): Nyomtápelemek szorpciója a tőzeghumuszsavakon és jelentősége a gyakorlati mezőgazdaságban (Die sorption der Spuren-Ernährungselemente in den Torf-Humussäuren und ihre Bedeutung in der Praktischen Landwirtschaft). — Agrártudományi Közlemények. 27, 109–117.
- SZALAY, S., SZILÁGYI, M. und SÁMSONI, Z. (1970): Mikroelem hiányjelenségek az Enying környéki lápterületen (Mangelscheinungen der Mikroelemente im Moorgebiet um Enying). — Agro-kémia és Talajtan. 19, 1–12.
- SZALAY, S., SÁMSONI, Z. und SZILÁGYI, M. (1974): Magyarországi tőzegtalajok kationszorpció és mikroelem vizsgálata (Die Untersuchung von ungarischen Torfböden auf Kationssorption und Mikroelemente). — Növénytermelés. 23, 327–334.
- SZALAY, S., SÁMSONI, Z. und SZILÁGYI, M. (1975): Magyarországi tőzeges talajok növényeinek mikroelem hiányjelenségeiről (Über die Mikroelementmangelscheinungen bei Pflanzen auf ungarischen Torfböden). — Növénytermelés. 24, 35–45.
- ZSIRAI, K. und STRECKER, O. (1970): Az iszapképződés biológiai háttere (Der biologische Hintergrund der Schlammabildung). — A Második Hévízi Orvosi Archivum. Zalaegerszeg.

Anschrift des Verfassers:

DR. G. PÁLFI

Lehrstuhl der Pflanzenphysiologie der

Attila József Universität

Postafach 654

H-6701, SZEGED, Ungarn